

BURGEAP
EAU - SOL - ENVIRONNEMENT
Ingénieurs conseils
27, rue de Vanves
92772 Boulogne - Billancourt Cedex

**MISSION D'APPUI AUX PROJETS
ALMY BAHÄİM ET ASETO :**

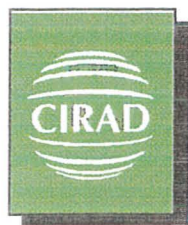
**“Evaluation des méthodes d'estimation
de la taille du cheptel au Tchad Oriental”**

du 25.03.99 au 15.04.99

par Matthieu LESNOFF

Rapport CIRAD-EMVT N°99-016

Avril 1999



**CIRAD - EMVT
Département d'Elevage
et de Médecine Vétérinaire
du CIRAD
BP 5035 - 34032 Montpellier Cedex 1
FRANCE**

**MISSION D'APPUI AUX PROJETS
ALMY BAHÄÏM ET ASETO :**

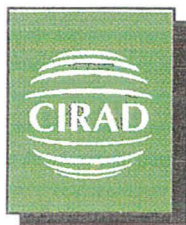
**“Evaluation des méthodes d'estimation
de la taille du cheptel au Tchad Oriental”**

du 25.03.99 au 15.04.99

par Matthieu LESNOFF

Rapport CIRAD-EMVT N°99-016

Avril 1999



**CIRAD - EMVT
Département d'Elevage
et de Médecine Vétérinaire
du CIRAD
BP 5035 - 34032 Montpellier Cedex 1
FRANCE**

AUTEUR(S) : Matthieu LESNOFF

ACCES AU DOCUMENT :

- au service de documentation du
CIRAD (bibliothèque de Baillarguet)

ORGANISME AUTEUR : CIRAD-EMVT

ACCES A LA REFERENCE DU DOCUMENT :
Libre

ETUDE FINANCÉE PAR : BURGEAP

RÉFÉRENCE : Ordre de mission n°3006-99 115

AU PROFIT DE : Projet Almy Bahaïm et ASEFO

TITRE : MISSION D'APPUI AUX PROJETS ALMY BAHAIM ET ASETO : EVALUATION DES MÉTHODES
D'ESTIMATION DE LA TAILLE DU CHEPTEL AU TCHAD ORIENTAL du 25.03.1999 au 15.04.1999.
Rapport Cirad-Emvt n° 99-016

TYPE D'APPROCHE : Mission d'appui et d'expertise biométrie

DATE ET LIEU DE PUBLICATION : Avril 1999, Montpellier, France

PAYS OU REGIONS CONCERNES : Tchad Oriental

MOTS CLÉS : Dénombrement - échantillonnage - taille du cheptel - Tchad oriental.

RÉSUMÉ :

Cette mission a consisté à :

- 1- Evaluer les méthodes d'estimation mises en oeuvre par les projets Almy Bahaïm et ASETO pour estimer la taille du cheptel au Tchad oriental ;
- 2- Identifier les marges d'erreurs quantifiables et proposer des recommandations méthodologiques ;
- 3- Assurer une formation au logiciel de gestion de bases de données ACCESS aux cadres des 2 projets.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	1
I. PERSONNES RENCONTRÉES	2
II. CALENDRIER DE LA MISSION	2
III. CADRE GÉNÉRAL	3
IV. CONTENU	3
1. Introduction	3
2. Dénombrements aux points d'eau	4
2.1 Les puissards	4
2.2 Les puits peu profonds	9
2.3 Les puits profonds	9
2.4 Le problème de l'estimation du nombre de jeunes animaux	11
2.5 Synthèse des résultats	11
2.6 Recommandations générales sur les enquêtes aux points d'eau	12
3. Dénombrement aux mourhals	13
4. Le recensement de la population humaine	15
5. Conclusion générale	16
V. BIBLIOGRAPHIE	18
ANNEXE	19

Remerciements

Je tiens à remercier très vivement l'ensemble des cadres des projets Almy Bahaïm et ASETO qui, par leur motivation et leur collaboration fructueuse tout au long de la mission, ont permis de produire ce travail. Je remercie spécialement Eric Chevaux, Véronique Barraud, Didier Mamis et Guillaume Duteurtre pour leur accueil chaleureux à Abéché et Ndjamena.

I. PERSONNES RENCONTREES

- Ministère de l'environnement et de l'eau : Moussa TERAP (Directeur Général), Jean LE PRIOL (Conseiller).
- Ministère de l'Elevage : Ali SEID NOUR (Directeur Général), Christian HAESSLER (Conseiller).
- Projet "Almy Bahaïm" : Véronique BARRAUD (Vétérinaires Sans Frontières, coordinatrice du projet), Louis AUTHOSSERRE (Burgeap, Chef de projet), Ali TRAORE (Directeur National du projet Almy Bahaïm), Djibrine MANSOUR ALI (Responsable de l'appui à la gestion paritaire des points d'eau), Oumar BADDA ALGOM (Responsable du suivi d'impact des réalisations du projet sur les systèmes d'élevage).
- Projet "Appui au Secteur de l'Elevage au Tchad Oriental (ASETO)" : Didier MAMIS (Ministère de la coopération, coordinateur du projet), Eric CHEVAUX (Vétérinaires Sans Frontières, Responsable du volet "estimation des effectifs"), Ousman MAHAMAT SALEH (Responsable du volet "information et formation des éleveurs sur la santé animale"), Ahmat BREME (Responsable du volet "appui au réseau de santé animale de base").

II. CALENDRIER DE LA MISSION

- 25/03/1999 : Départ de Montpellier .
- 26/03/1999 - 27/03/98 : Arrivée à NDjamena et accueil par G. Duteurtre. Voyage jusqu'à Abéché, accueil par V. Barraud et E. Chevaux.
- 29/03/1999 - 31 /03/1999 : Formation des cadres des projets ASETO et Almy Bahaïm au logiciel Access.
- 01/04/1999 - 05/04/1999 : Rappel sur les méthodes statistiques (introduction aux statistiques descriptives et aux techniques d'échantillonnage). Travail sur les données de dénombrement du bétail dans les zones de puisards et de puits peu profonds.
- 08/04/1999 : Sortie sur le terrain, visite d'un puits villageois et d'une zone de puisards.
- 09/04/1999 - 12/04/1999 : Travail sur les données de dénombrement dans les zones de puits profonds et de mourhals. Rédaction de l'aide mémoire de mission.
- 13/04/1999 : Départ d'Abéché et voyage jusqu'à NDjamena. Compte-rendu de mission au Ministère de l'environnement et de l'eau, et au Ministère de l'Elevage. Départ de NDjamena.
- 15/04/1999 : Arrivée à Montpellier.

III. CADRE GENERAL

L'objet principal de la mission a concerné l'appui méthodologique au traitement des données pour l'estimation de la taille du cheptel présent au Tchad Oriental. Ce travail répond à une demande du projet Almy Bahaïm dans le cadre de l'étude menée conjointement avec ASETO.

Le projet Almy Bahaïm (phase 1 de mars 95 à juin 99 ; phase 2 prévue pour 3,5 ans.), financé par l'Agence Française de Développement, a pour objectifs : (a) de sécuriser la mobilité des éleveurs ; (b) de favoriser une meilleure répartition de la charge du bétail sur les pâturages et ; (c) de permettre l'ouverture de nouveaux pâturages.

Le projet ASETO (avril 95 - décembre 99), financé par le Fond d'Aide à la Coopération, a pour objectif de garantir aux éleveurs l'accès à un réseau sanitaire adapté à leurs systèmes de production.

Les 2 projets ont co-réalisé l'étude "estimation de la taille du cheptel du Tchad oriental" au travers de leurs équipes VSF. La zone d'étude a été divisée en sous-zones sur lesquelles ont été appliquées des méthodes d'estimation différentes. Les enquêtes ont été concentrées en saison sèche, période où les troupeaux sont les plus fixes dans l'espace et les plus concentrés autour des points d'eau ou le long des mourohs.

Les premiers traitements des données ont été publiés sous forme de rapports provisoires sous la responsabilité d'Astrid VIGNEAU (VSF).

Dans ce cadre, la mission a consisté :

- assurer une formation au logiciel de gestion de base de données ACCESS ;
- faire un rappel sur les techniques statistiques liées aux problèmes d'échantillonnage ;
- évaluer les méthodes d'échantillonnage et donner certaines marges d'erreur pour les estimations de taille de cheptel.

Ce dernier point est développé dans le paragraphe IV.

IV. CONTENU

1. Introduction

Les 2 grandes populations d'éleveurs ciblées par le dénombrement sont : (a) éleveurs sédentaires et petits transhumants présents au nord du fleuve Batha en saison sèche et ; (b) éleveurs grands transhumants présents au sud du fleuve Batha en saison sèche.

Pour les sédentaires et petits transhumants, les méthodes d'enquête mises en œuvre ont consisté en :

- dénombrements aux puits : bordure ouest du Massif du Ouadaï (Arada - Biltine - Kalaït), Al Mahalé-Abdébé, Bandjadid, Ganatir, Kadjeumer, Kalaït - Chalouba ;
- dénombrements aux puits peu profonds : mêmes zones que celles des puits ;

- dénombrements aux puits profonds : Batha oriental ;
- utilisation du recensement de la population humaine : massif du Ouadaï et zone d'influence du fleuve Batha.

Pour les grands transhumants, la méthode d'enquête a consisté en :

- dénombrements aux mourhals : bordure nord de la forêt sèche.

2. Dénombrements aux points d'eau

2.1 Les puisards

Une zone de puisards correspond à un ensemble d'îlots, en général répartis le long d'un ouaddi (oued), chaque îlot étant constitué d'un ensemble d'abreuvoirs proches et alimentés par 1 ou plusieurs trous appelés "puisards". Deux types d'abreuvoirs sont rencontrés : (a) abreuvoirs en argile (essentiellement pour bovins et petits ruminants) et ; (b) abreuvoir en métal (essentiellement pour les dromadaires). Les abreuvoirs en métal sont de petite taille et ne sont pas fixes (les éleveurs transportent leurs abreuvoirs avec eux). Leur nombre varie en fonction du départ et de l'arrivée des éleveurs dans îlot.

D'après les différentes enquêtes de terrain réalisées au niveaux des points d'eau et les discussions avec les personnes responsables, il apparaît que si l'on considère une période relativement courte en saison sèche (1 mois par exemple) un éleveur utilise un seul et même îlot, voire un seul abreuvoir pour les abreuvoirs en argile. Il est donc réaliste de poser l'hypothèse suivante : un ensemble "fermé" (i.e. sans entrée ni sortie) d'animaux peut être associé à chaque îlot d'une zone donnée par rapport à la période relativement courte considérée.

L'ensemble d'animaux associé à un îlot ne peut être observé en 1 seul jour d'enquête puisqu'en général les espèces n'ont pas un rythme d'abreuvement journalier.

Cinq zones de puisards ont été identifiées et enquêtées par les projets : (a) Ganatir ; (b) Al Mahalé - Abdébé ; (c) Banjadid ; (d) Kadjemeur et ; (e) Kalaït - Oum Chalouba. La durée maximale d'enquête par îlot a été fixée à 1 jour (6-18 h). L'ensemble des abreuvoirs de chaque îlot visité a été enquêté. Différentes options ont été choisies pour les modalités d'enquêtes au sein des 5 zones :

- enquête de l'ensemble ou d'une partie des îlots de la zone
- dénombrement des animaux présents à l'abreuvoir au cours de l'ensemble ou d'une partie de la journée de 24 h
- estimation à dire d'expert du nombre d'animaux présent aux abreuvoirs au cours de l'ensemble ou d'une partie d'une journée de 24 h

Pour chaque zone, la mission a proposé de suivre la procédure générale : estimer le nombre d'animaux présent dans îlot au cours d'une journée de 24 h, estimer l'ensemble d'animaux associé à îlot enquêté à l'aide d'un facteur de correction lié au rythme d'abreuvement, puis en

déduire le nombre total d'animaux par espèce pour la zone. Les sources d'erreur principales intervenant dans cette procédure sont :

- Estimation du nombre d'animaux à dire d'expert : erreur non quantifiable d'après les données ;
- Extrapolation à la journée de 24 h : erreur non quantifiable d'après les données ;
- Extrapolation à l'ensemble d'animaux associé à îlot : erreur non quantifiable d'après les données (malgré la mise en œuvre de scénarios de variation du facteur de correction lié au rythme d'abreuvement) ;
- Extrapolation à la zone (ensemble des îlots) : erreur quantifiable d'après les données (calcul d'intervalle de confiance).

Seule la zone de Ganatir a fait l'objet d'un échantillonnage des îlots. Les calculs sont détaillés dans ce rapport. Pour les autres zones, la totalité (ou quasi-totalité) des îlots ont été enquêtés. Les résultats des estimations sont synthétisés aux *Tableaux 4 et 5*.

(a) *Zone de Ganatir*

Suite à une pré-enquête dans la zone, 3 strates d'îlots ont été définies en fonction de l'espèce ou des espèces dominantes ; strate 1 : îlots avec toutes espèces ; strate 2 : îlots avec bovins et petits ruminants et, strate 3 : îlots avec petits ruminants.

Au sein de chaque strate, plusieurs îlots ont été tirés au hasard et enquêtés (l'ensemble des abreuvoirs d'un îlot tiré a été enquêté). Les nombres totaux d'îlots de la zone et ceux des îlots échantillonnés sont présentés au *Tableau 1*.

<i>Zone</i>	<i>Strate 1</i>	<i>Strate 2</i>	<i>Strate 3</i>
Ilots	8	8	4
Abreuvoirs argile	29	32	9
Abreuvoirs métal(*)	13	0	0
<i>Echantillon</i>	<i>Strate 1</i>	<i>Strate 2</i>	<i>Strate 3</i>
Ilots	4	4	1
Abreuvoirs argile	14	16	3
Abreuvoirs métal(*)	8	0	0

Tableau 1 : Nombres d'îlots et d'abreuvoirs par strate dans la zone de Ganatir (* : nombre d'abreuvoirs présents durant la période d'observation).

Le plan d'échantillonnage mis en œuvre correspond à un tirage aléatoire stratifié des îlots. La mission a utilisé l'estimateur simple et non biaisé du nombre total d'animaux adapté à ce plan (voir Ardilly, 1994, Cochran, 1977, et annexe 1). Pour une strate donnée, cet estimateur correspond au nombre moyen d'animaux par îlot multiplié par le nombre total d'îlots. Aucun redressement n'a été effectué par rapport à la taille des îlots car le nombre d'abreuvoirs en métal dans un même îlot est variable dans le temps.

Dans la zone de Ganatir, les observations directes aux abreuvoirs ont permis de dénombrer l'ensemble des animaux présents sur une journée de 24 h, excepté le cas d'un îlot pour lequel

les données observées sur une période de 12 h ont été extrapolées à la journée de 24 h. L'erreur issue de cette extrapolation a été négligée.

Pour le calcul de marges d'erreur autour des estimations, la mission a procédé en 2 étapes. L'étape 1 ne prend en compte que l'erreur statistique issue de l'échantillonnage des îlots. L'étape 2 introduit l'erreur due à l'extrapolation des observations des îlots sur 24 h aux ensembles d'animaux associés aux îlots par le facteur de correction lié aux rythmes d'abreuvement.

Etape 1

Dans l'étape 1, le facteur de correction lié au rythme d'abreuvement des animaux est supposé fixe. Les valeurs moyennes choisies ont été respectivement 8, 2, 2, 1 et 1 pour les dromadaires, les bovins, les petits ruminants, les ânes et les chevaux. Si l'ensemble d'animaux associé à un îlot est fermé, dispose d'un rythme d'abreuvement fixe par espèce et se répartit de manière égale sur les différents jours d'abreuvement (hypothèses effectuées dans l'étape 1), alors pour cet îlot :

$$\text{Taille ensemble d'animaux} = \text{nb d'animaux présents sur 1 jour d'abreuvement} * \text{rythme d'abreuvement}$$

Pour chaque estimateur du nombre total d'animaux Y d'une espèce donnée, l'intervalle de confiance estimé au risque α est calculé par :

$$\hat{IC}_\alpha[Y] = \hat{Y} \pm z_{(1-\alpha/2)} \sqrt{\hat{Var}[\hat{Y}]}$$

avec $z_{(1-\alpha/2)}$ le quantile d'ordre $1-\alpha/2$ de la loi normale centrée réduite (malgré la faible taille de l'échantillon, nous avons supposé la normalité de l'estimateur) (rappel : la racine carrée de la variance de l'estimateur est appelée erreur standard).

Les résultats d'estimation sont présentés au *Tableau 2*. La variance d'estimation n'étant pas calculable d'après les données pour la strate 3 (1 seul îlot enquêté), elle a été supposée de même ordre de grandeur que dans les strates 1 et 2, et calculée d'après les coefficients de variation (erreur standard divisée par l'estimateur) des totaux estimés dans ces strates.

	Dromadaires	Bovins	Ovins	Caprins	Anes	Chevaux
Total estimé	10720	5304	12220	6556	362	42
Erreur stand.	2863	930	1511	826	50	5
Précision relat.	0.44	0.29	0.20	0.21	0.23	0.19
Borne inf.	6025	3779	9742	5201	279	34
Borne sup.	15415	6829	14698	7911	445	50

Tableau 2 : Estimation du nombre total d'animaux par espèce (population venant s'abreuver) dans la zone de Ganatir. Les intervalles de confiances sont calculés au risque 10%.

Etape 2

Bien qu'elle semble (approximativement) raisonnable, la validité des hypothèses posées dans l'étape 1 n'a pu être vérifiée et doit être modulée. Il est évident que l'emploi d'un facteur de

correction des données journalières lié au rythme d'abreuvement génère une erreur d'estimation. Malheureusement, cette erreur n'est pas calculable d'après les données car les ensembles d'animaux associés aux îlots n'ont pas été observés.

Pour pallier ce problème, la mission a proposé d'introduire une erreur au niveau du facteur de correction selon 2 scénarios empiriques : (a) erreur de 20% et (b) erreur de 40%. Pour chaque scénario d'erreur, une bande d'estimation est ensuite calculée de la manière suivante :

La borne inférieure (respectivement supérieure) de la bande d'estimation est définie par la borne inférieure (respectivement supérieure) de l'intervalle de confiance calculée d'après la valeur minimale (respectivement maximale) du facteur de correction.

Les résultats des 2 scénarios d'erreur sont présentés dans le Tableau 3.

	Dromadaires	Bovins	Ovins	Caprins	Anes	Chevaux
<i>Erreur 20%</i>						
Bande d'estim.	[4820;18498]	[3023;8195]	[7794;17637]	[4161 ; 9493]	[224 ; 533]	[27 ; 60]
<i>Erreur 40%</i>						
Bande d'estim.	[3615;21580]	[2267;9561]	[5845;20577]	[3121;11075]	[168;622]	[20;70]

Tableau 3 : Bandes d'estimation du nombre total d'animaux par espèce dans la zone de Ganatir en fonction de 2 scénarios d'erreur pour le facteur de correction lié au rythme d'abreuvement.

L'intensité des erreurs proposées pour les scénarios ne peuvent être clairement validées d'après les données disponibles. Une approche est d'assimiler la variabilité inter-îlots ou inter-abreuvoirs du nombre d'animaux par espèce à la variabilité inter-jours pour un même îlot ou abreuvoir. Dans les strates 1 et 2, la moyenne du nombre de bovins et de petits ruminants par abreuvoir en argile fluctue dans des intervalles de précision relative de respectivement $\pm 23\%$ et $\pm 22\%$ (au risque de 10%). La variabilité est du même ordre de grandeur que l'erreur proposée dans le scénario 1. Pour les dromadaires, la variabilité inter-abreuvoirs ne peut être utilisée (chaque troupeau de dromadaire transporte son abreuvoir métallique) et le nombre d'îlots enquêtés (4 îlots enquêtés dans la strate 1 fréquentée par les dromadaires) est trop faible pour donner une bonne image de la variabilité inter-îlots.

Remarque

Dans la zone de Ganatir, l'extrapolation des données "abreuvement sur 12 h" aux nombre d'animaux qui s'abreuvent sur 24 h ne concerne qu'un seul îlot et a donc été négligée. Dans d'autres situations, les mêmes scénarios d'erreur pourraient cependant être appliqués à ce niveau d'extrapolation.

(b) Zone d'Al Mahalé – Abdébé

La zone d'Al Mahalé - Abdébé est composée de 5 îlots fonctionnels. Les caractéristiques des îlots ont été identifiées d'après une pré-enquête rapide : 3 à dominante dromadaires (îlots A, B et C), 1 à dominante bovins et dromadaires (îlot D), et 1 à dominante bovins et petits ruminants (îlot E).

L'enquête de dénombrement des animaux a concerné les îlots B, C, D et E, avec pour chacun un jour d'observation de 6 à 18h. L'abreuvement dans îlot E n'a lieu que le jour. Pour B, C et D, les dénombrements ont été extrapolés sur une journée de 24 h, car leurs puisards sont utilisés sans interruption durant la nuit. L'erreur liée à cette extrapolation n'est pas connu.

L'îlot A ayant été décrit comme très similaire à l'îlot B, seuls les îlots B et C ont été enquêtés par les projets parmi les îlots à dominante dromadaire. La mission a proposé d'extrapoler les données observées pour B à îlot A. L'erreur liée à cet extrapolation n'est pas quantifiable car les îlots n'ont pas été choisis au hasard.

Pour la zone d'Al Mahalé - Abdébé, comme pour les autres zones ci-dessous (Kadjemeur et Kalaït - Oum Chalouba), une bande d'estimation a été calculée d'après les 2 scénarios d'erreur sur le facteur de correction lié au rythme d'abreuvement des animaux et présentés pour Ganatir.

(c) *Banjadid*

Les projets ont divisé la zone de Banjadid en 3 sous-zones (après pré-enquête). Zone 1 : 18 îlots, zone 2 : 23 îlots, zone 3 : 24 îlots. Chacun des 45 îlots ont été enquêtés durant un jour de 6 à 18 h. Les îlots ont présenté un faible débit, avec un seul abreuvoir en argile, un seul troupeau observé par jour et pas d'abreuvement de nuit. Ils avaient tous une dominante bovins.

L'enquête de la zone de Banjadid a eu lieu en avril. Les autres zones ont été enquêtées en mai, période à laquelle les puisards de Banjadid n'étaient plus en activité. Les projets ont considéré que le déplacement des éleveurs vers d'autres zones, y compris celles enquêtées, empêchaient de prendre en compte les données de Banjadid dans l'estimation globale.

(d) *Kadjemeur*

La zone de Kadjemeur est composée de 2 îlots. Chacun des 2 îlots a été enquêté durant une demie heure et les estimations des nombres d'animaux ont été effectuées à dire d'acteur pour la journée de 24 h. L'erreur liée à ces estimations n'est pas quantifiable. Il est vraisemblable qu'elle ait peu d'influence sur l'erreur d'estimation globale, toutes zones confondues, car la taille du cheptel s'abreuvant dans la zone de Kadjemeur est faible.

Il est à noter que la faible densité de bétail observée lors des enquête dans cette zone peut s'expliquer par l'absence de pâturages proches due à la saison pluvieuse déficitaire en 1997.

(e) *zone de Kalaït – Oum Chalouba*

La zone de Kalaït - Oum Chalouba a été divisée en 3 sous-zones : (a) zone 1 de Kalaït : 3 îlots ; (b) zone 2 de Kalaït : 18 îlots et ; (c) zone de Oum-Chalouba : 25 îlots.

Dans les zones 1 et 2 de Kalaït, l'ensemble des îlots ont été enquêtés en 1 seul jour (passage rapide entre 6 et 18 h). D'après les enquêtes et entretiens, l'hypothèse a été faite que tous les animaux venant s'abreuver dans la journée arrivent à l'aube et ne repartent qu'en fin d'après-midi, ceci en raison d'un faible débit des puisards. Les dénombrement ont donc été supposés exhaustifs pour la journée de 24 h car il n'y avait pas d'abreuvement de nuit.

De manière identique, les 25 îlots de la zone d'Oum Chalouba ont été enquêtés en 1 seul jour d'enquête (passage rapide entre 9 et 14h). La même hypothèse que pour les zones de Kalaït a été posée : exhaustivité des dénombrement pour la journée de 24 h.

Remarque

Les entretiens effectués au cours des enquêtes tendent à penser que les résultats obtenus pour cette zone sont sous-estimés car beaucoup de troupeaux bovins et de petits ruminants ont migrés vers l'est juste avant l'enquête, à destination de meilleurs points d'eau.

2.2 Les puits peu profonds

La zone des puits peu profonds et les méthodes d'enquête employées par les projets sont les mêmes que celle des puisards. L'ensemble des 14 puits de la zone a été enquêté :

- (a) 2 puits à Kadjemeur : enquête de 8 à 12h, estimation du nombre d'animaux à dire d'acteur pour la journée de 24 h car abreuvement la nuit.
- (b) 4 puits à Kalaït : enquête exhaustive de 6 à 18h (pas d'abreuvement la nuit).
- (c) 1 puits à Zouma : enquête sur une demi-journée, les données doivent être extrapolées sur la journée de 24 h car abreuvement la nuit.
- (d) 1 puits à Tazéré : idem que pour Zouma.
- (e) 2 puits à Sabou : idem que Kalaït.
- (f) 2 puits à Kirzim : idem que Kalaït.

Comme pour les zones de puisard, l'hypothèse d'existence d'un ensemble fermé d'animaux associé à chaque puits lors d'une période relativement courte a été posée. Une bande d'estimation a été calculée d'après les 2 scénarios d'erreur sur le facteur de correction lié au rythme d'abreuvement des animaux (*Tableau 4*).

2.3 Les puits profonds

Les pré-enquêtes réalisées ont permis de recenser 43 puits actifs dont 1 forage (60 à 80 m de profondeur) dans la zone du Batha oriental.

Comme pour les îlots et les puits peu profonds, l'une des hypothèses posées est qu'un ensemble fermé d'animaux peut être associé à chaque puits profond durant une période suffisamment courte.

L'ensemble des puits a été enquêté. La méthode d'estimation des nombres d'animaux s'appuie sur le fait vérifié (mission de terrain Almy Bahaïm en 1995) qu'une fourche de fixation de poulie d'exhaure en activité génère un débit d'exhaure approximativement constant. Pour chaque puits, l'enquête a consisté à relever le nombre de fourches utilisées au niveau du puits. Ensuite, à dire d'acteur (enquête de 15 min), les enquêteurs ont estimé : (a) la durée journalière d'exhaure ; (b) le nombre de fourches en activité et ; (c) la composition spécifique

en UBT de l'ensemble d'animaux associés au puits (ordre d'importance quantitative des espèces et approximations des ratios entre espèces).

Les projets ont retenu le principe suivant pour estimer le nombre d'animaux associés à un puits donné :

- (a) Le nombre de litre exhauré par jour est estimé par le produit du nombre de fourches en activité, de la durée d'exhaure et du débit horaire par fourche. Ce débit a été fixé à 650 l/heure (débit moyen mesuré sur le terrain en début de projet Almy Bahaïm).
- (b) Puisque les animaux ne sont pas directement observés, le calcul nécessite l'emploi des UBT. Les projets ont retenu pour le Tchad oriental les coefficients de calcul des UBT, notés c_i pour l'espèce i , respectivement 0.75, 1, 0.15, 0.75 et 0.3 pour les bovins, dromadaires, petits ruminants, chevaux et ânes.
- (c) Le nombre moyen de litres bu par jour par un animal dépend de l'espèce. Les projets ont retenu les valeurs de respectivement 30 l, 18 l, 4 l, 50 l, 12 l pour les bovins, dromadaires, petits ruminants, chevaux et ânes. D'après les coefficients c_i , les nombres moyens de litres bus par jour et par UBT _{i} (pour l'espèce i) sont respectivement de 40 l, 18 l, 27 l, 67 l et 40 l pour les bovins, dromadaires, petits ruminants, chevaux et ânes.
- (d) Le nombre de litres bu par jour et UBT est ensuite calculé d'après la composition spécifique estimée en UBT de l'ensemble d'animaux associés au puits (la proportion de l'espèce i en UBT est notée p_i) :

$$nb \text{ litres bu par jour et UBT} = \sum_i p_i * nb \text{ litres bus par jour et UBT}_i$$

- (e) Le nombre d'UBT associées au puits est calculé d'après le nombre total de litres puisé par 24h :

$$nb \text{ UBT} = nb \text{ litres puisés par jour} / nb \text{ litres bus par jour et UBT}$$

- (f) Le nombre d'animaux par espèce est enfin calculé par :

$$nb \text{ animaux espèce } i = (p_i / c_i) * nb \text{ UBT}$$

Les erreurs intervenant dans cette procédure de calcul sont générées par :

- l'estimation des coefficients de calcul des UBT (coefficients c_i)
- l'estimation de la composition spécifique en UBT de l'ensemble d'animaux associé au puits (coefficients p_i)
- l'estimation du nombre de litres moyen bu par jour et animal pour une espèce donnée
- l'estimation du nombre de litres exhaérés par jour
- la relation nombre de litres exhaérés par jour et le nombre d'UBT venant s'abreuver

Ces erreurs interviennent vraisemblablement à des intensités différentes. **Les coefficients p_i ont en particulier une grande importance pour l'estimation des nombres d'animaux par espèce.**

Aucune de ces sources d'erreur n'a pu être quantifiée d'après les données disponibles. La validation des coefficients fixés par les projets (coefficients UBT et nombres de litres bus par jour et par espèce) n'a pu être réalisée par les projets, et n'était pas l'objet de la mission. **La marge d'erreur devant être appliquée aux résultats d'estimation concernant la zone des puits profonds, ainsi que les biais d'estimation, sont donc inconnus.**

Remarque

Un essai de validation a été réalisé sur les données d'enquêtes effectuées en février 1997 (voir Projet Almy Bahaïm, 1999, Documents de capitalisation n°4 et n°5) : 16 puits enquêtés, comptages au puits sur 12h, géo-référencement exhaustif des campements, caractérisation du type de troupeau, caractérisation des zones de pâturage et liens avec les points d'abreuvement. L'étude compare les résultats de 3 méthodes d'estimation des nombres d'animaux au niveau des puits, incluant la méthode des fourches. Malheureusement, le manque d'une "valeur référence" fiable concernant les animaux venant s'abreuver limite fortement les conclusions de l'étude. L'étude met cependant en évidence les difficultés d'estimation concernant les nombres de dromadaires, qui viennent fréquemment s'abreuver la nuit et qui ont donc tendance à échapper aux dénombrements.

2.4 Le problème de l'estimation du nombre de jeunes animaux

Il est fréquent que les jeunes bovins et petits ruminants restent dans les villages ou les campement lors de l'abreuvement des adultes et qu'ils échappent au dénombrement. Pour ces espèces, le nombre total d'animaux estimé d'après les enquêtes aux points d'eau, ainsi que les marges d'erreur estimées, doivent donc être redressés par la proportion (estimée) des animaux ne se déplaçant pas aux points d'eau. Les jeunes dromadaires, chevaux et ânes se déplacent souvent avec les adultes lors des périodes d'abreuvement aux points d'eau. Ils peuvent donc être dénombrés par observation directe.

La part des bovins et de petits ruminants qui échappent aux dénombrement aux points d'eau est en fait inconnue. Dans l'état actuel, la seule approche disponible est de raisonner par rapport à la proportion estimée des jeunes dans la population totale. D'après les résultats de l'enquête sur la situation de l'élevage bovin, ovins et caprins au Tchad réalisée en 1988 (Louis Berger International Inc. *et al.*, 1988) (aucune donnée plus récente sur la composition par âge du cheptel tchadien n'est disponible à notre connaissance), la proportion des jeunes bovins (< 1 an) et des jeunes petits ruminants (< 6 mois) représentent respectivement 10% et 20% du cheptel total. Cependant, de jeunes animaux ont été fréquemment observés aux points d'abreuvement lors des enquêtes de terrain.

Dans le cadre de l'objectif d'amélioration des techniques d'estimation par enquête aux points d'eau, l'amélioration des connaissances sur le facteur de redressement lié à la part des jeunes non dénombrés ne doit pas être négligée.

2.5 Synthèse des résultats

Les résultats d'estimation pour les zones de puisards, les zones de puits peu profonds et les zones de puits profonds sont présentés aux *Tableau 4* et *5*. Les éleveurs atteints par ces enquêtes aux points d'eau sont essentiellement des petits transhumants. **Les résultats d'estimations n'incluent pas les jeunes bovins et petits ruminants ne venant pas**

s'abreuver aux points d'eau. Les bandes d'estimation correspondent aux 2 scénarios d'erreur proposés sur le facteur de correction lié au rythme d'abreuvement des animaux.

	Drom.	Bovins	Ovins	Caprins	Anes	Chevaux
<i>Puisards</i>						
Total	48096	9330	15586	8912	939	112
<i>Erreur 20%</i>						
Borne inf.	34721	6244	10487	6046	686	83
Borne sup.	63349	13026	21676	12320	1225	144
<i>Erreur 40%</i>						
Borne inf.	26041	4683	7865	4535	514	62
Borne sup.	73906	15197	25289	14373	1430	168
<i>Puits peu prof.</i>						
Total	3632	5094	12002	7725	1671	168
<i>Erreur 20%</i>						
Borne inf.	2906	4075	9602	6180	1337	134
Borne sup.	4358	6113	14402	9270	2005	202
<i>Erreur 40%</i>						
Borne inf.	2179	3056	7201	4635	1003	101
Borne sup.	5085	7132	16803	10815	2339	235
<i>Puits profonds</i>						
Total	11 348	70 395	75 467	38 686	8 910	1 669

Tableau 4 : Estimation des nombres totaux d'animaux par type de points d'eau (sans compter les jeunes ne venant pas s'abreuver aux points d'eau).

<i>Tous points d'eau</i>						
Total	63 076	84 819	103 055	55 323	11 520	1 949
<i>Erreur 20%</i>						
Borne inf.	48 975	80 714	95 556	50 912	10 933	1 886
Borne sup.	79 055	89 534	111 545	60 276	12 140	2 015
<i>Erreur 40%</i>						
Borne inf.	39 568	78 134	90 533	47 856	10 427	1 832
Borne sup.	90 339	92 724	117 559	63 874	12 679	2 072

Tableau 5 : Estimation des nombres totaux d'animaux dans les zones de dénombrement aux points d'eau (sans compter les jeunes ne venant pas s'abreuver aux points d'eau).

2.6 Recommandations générales sur les enquêtes aux points d'eau

Les enquêtes aux points d'eau ont un intérêt opérationnel clair pour l'estimation du nombre d'animaux présents dans les zones disposant d'un nombre suffisamment réduit de points d'eau en saison sèche, avec une concentration importante des éleveurs autour de ces points d'eau. Néanmoins, leur intérêt est actuellement limité par le manque d'information concernant le fonctionnement des points d'eau. En effet, les procédures d'estimation liées à ces méthodes d'enquête mettent en œuvre plusieurs niveaux d'extrapolation dont une part importante des erreurs restent encore inconnue, ceci en raison de l'absence de valeurs de référence permettant de valider les hypothèses sous-jacentes. Dans le cadre de l'amélioration méthodologique des enquêtes aux points d'eau, la mission considère qu'une priorité est de limiter ces erreurs, notamment celles qui n'entrent pas dans une procédure statistique d'échantillonnage, en

disposant d'information plus complète sur les ensembles d'animaux associés aux îlots d'abreuvoirs ou aux puits. Un travail méthodologique relativement léger, effectué par exemple sous la responsabilité d'un étudiant stagiaire, permettrait d'améliorer grandement la portée des estimations effectuées à partir des dénombrements aux points d'eau.

Sous l'hypothèse qu'un ensemble fermé d'animaux est associé à un îlot ou un puits durant une période donnée, cet ensemble peut être observé par plusieurs jours d'enquête successifs au niveau de l'îlot ou du puits. La procédure d'enquête pourrait être similaire aux procédures employées pour l'étude des richesses spécifiques des milieux terrestres ou aquatiques (estimation du nombre d'espèces présentes) : observation de l'îlot ou du puits jusqu'à ce que le nombre de nouveaux éleveurs fréquentant l'îlot ou le puit devienne négligeable. Cette procédure permettrait de disposer de l'information nécessaire pour valider ou infirmer les hypothèses posées.

Le cas des abreuvements de nuit, très fréquents pour les dromadaires, reste problématique (impossibilité de dénombrer les animaux la nuit sauf en pleine lune). **Une possibilité est de coupler les dénombrements avec des relevés de quantités d'eau exhaurées pour chaque troupeau mono-spécifique**, ce qui permettrait d'une part de préciser la relation quantité d'eau exhaurée / nombre d'animaux et d'autre part d'estimer les nombres d'animaux venant la nuit.

Un premier travail d'enquête, dont l'orientation serait d'avantage de tester la méthodologie que de fournir des estimations de nombre d'animaux pour une zone donnée, pourrait se concentrer sur une dizaine de points d'eau "représentatifs" (par exemple 5 îlots et 5 puits profonds) choisis de manière raisonnée. Pour chaque point d'eau et à l'aide de 2 enquêteurs par point d'eau, le travail consisterait à noter, durant une période de 10-15 j, chaque nouvel éleveur fréquentant le point d'eau, dénombrer ses animaux (le jour) et noter les quantités d'eau exhaurées. Les données récoltées devront permettre de tester les principales hypothèses posées, dont l'existence de l'ensemble fermé d'animaux associé à chaque point d'eau.

Conclusion

Sous réserve de la validation de la méthodologie d'enquête proposée ci-dessus, la procédure préconisée pour l'estimation des nombres d'animaux par espèce dans une zone donnée pourrait s'organiser autour des 3 points suivants :

- (a) constituer d'une base d'échantillonnage d'îlots et de puits par dénombrement exhaustif dans les zones concernées ;
- (b) définir par tirage aléatoire un échantillon d'îlots et de puits après stratification par zone ou espèce dominante ;
- (c) pour chaque îlot ou puits échantillonné, de chercher à observer l'ensemble d'animaux associé en effectuant plusieurs jours d'enquête successifs.

3. Dénombrements aux mourhals

L'objectif des dénombrements d'animaux aux mourhals effectués par les projets lors de la descente des éleveurs du nord vers le sud étaient : (a) d'estimer le nombre total d'animaux par espèce appartenant aux éleveurs transhumants et (b) d'obtenir un ensemble de statistiques descriptives permettant une typologie de ces éleveurs : composition spécifique des troupeaux,

type de transhumance (petite, moyenne, grande), destination en saison sèche et saison des pluies, nombre d'UBT par actif, etc.

La procédure d'enquête s'est basée sur l'hypothèse que la majorité des éleveurs moyens et grands transhumants traversent la forêt sèche durant leur transhumance : descente nord-sud entre septembre et janvier, montée sud-nord entre juin et août.

Lors d'une pré-enquête, les projets ont recensé de manière exhaustive 48 mourhals sur la bordure nord de la forêt sèche, dont seulement 36 étaient actifs pour la descente (validation à dire d'acteur). Parmi ces 36 mourhals, qui constituent la base d'échantillonnage, 12 mourhals ont été tirés au hasard (sans remise). Les enquêtes de dénombrement ont duré du 5 octobre 1997 au 17 février 1998. Deux enquêteurs étaient affectés à chaque mourhal : l'un pour dénombrer les animaux, l'autre pour questionner les éleveurs (entretien rapide). Chacun des 12 mourhals tirés a été enquêté de manière quasi-exhaustive (du début jusqu'à la fin des passages). **L'estimation des nombres totaux d'animaux par espèce ayant transhumé par les mourhals a été réalisée en utilisant les formules d'échantillonnage aléatoire simple sans remise.** L'hypothèse de normalité des estimateurs a été posée pour le calcul des intervalles de confiance. Les résultats sont présentés au Tableau 6.

	Drom.	Bovins	Ovins	Caprins	Anes	Chevaux	UBT
Total estimé	965611	1633589	1265599	1007369	99754	44234	2594850
Erreur stand.	224883	281592	227847	235212	26867	10825	465039
Précision relat.	0.38	0.28	0.30	0.38	0.44	0.40	0.29
Borne inf.	596804	1171778	891930	621621	55693	26481	1832187
Borne sup.	1334419	2095400	1639268	1393116	143815	61987	3357513

Tableau 6 : Estimation du nombre total d'animaux par espèce ayant transhumé du nord vers le sud du Tchad Oriental par les mourhals entre octobre 1997 et février 1998 (intervalles de confiance au risque de 10%).

Les précisions relatives présentées dans le *Tableau 6* fluctuent entre $\pm 30\%$ et $\pm 40\%$. Ces valeurs assez fortes sont dues à une grande variabilité inter-mourhals des nombre d'animaux observés.

Plusieurs points doivent être discutés :

- Le dénombrement des animaux dans les mourhals échantillonnés a débuté avec 4-5 jours de retard par rapport au début de la transhumance, ceci en raison de pluies tardives et de problèmes d'accessibilité des zones d'enquête. Ce retard a sûrement entraîné une sous-estimation des nombres d'animaux pour les éleveurs de petits ruminants et les éleveurs grands transhumants de bovins.
- Toujours en raison de la forte intensité des pluies entre juin et août 1998, une part des éleveurs n'ont pu franchir le Batha et remonter vers le nord. Cette part, supposée plus importante que celle des années précédentes, n'a bien sûr pas été atteinte par les dénombrements et reste inconnue.
- La part des éleveurs transhumants qui transhument au Soudan et qui ne remontent pas vers le nord de la zone n'a pas été atteinte par l'enquête.

- (d) Pour chaque mourhal, les animaux ont été dénombrés de manière continue à l'exception d'un jour de congé par semaine, toujours le même pour un mourhal donné. Les données (nombre d'animaux par espèce, tous types d'éleveur confondus) de chaque jour manquant ont été extrapolées d'après les valeurs moyennes observées sur la période de 6 jours encadrant le jour de congé. L'erreur due à cette extrapolation a été négligée.
- (e) Les pluies tardives ont entraîné un décalage dans la période de transhumance qui a inclus cette année la période de Ramadan. La descente des éleveurs s'est arrêtée, puis a repris sur 5 des mourhals échantillonnés. Seuls 3 de ces mourhals ont pu être suivis lors de cette reprise. Les données des 2 autres mourhals (nombre d'animaux par espèce, tous types d'éleveur confondus) ont été extrapolées d'après la moyenne des valeurs observées sur les 3 mourhals suivis. Ces extrapolations concernent des nombre assez faibles d'animaux et les erreurs ont donc été négligées.
- (f) Etant donné la rapidité de passage des animaux au niveau des points d'enquête, **il est évident que l'enquêteur dénombre ces animaux avec une certaine erreur quelque soit l'espèce considérée (erreur de mesure)**, pouvant être d'autant plus grande que le troupeau observé est grand. Les variances des estimations utilisées dans le calcul des intervalles de confiance du *Tableau 6* tiennent compte de ces erreurs. **Par contre, le biais pouvant être généré par ces erreurs reste malheureusement inconnu.** Sous réserve de vérification, il est possible de penser que les enquêteurs tendent à sous-estimer la taille des grands troupeaux. **Les biais existants dans la méthode des dénombrements aux mourhals devront être estimés dans les enquêtes futures.**
- (g) Lors du dépouillement des fiches d'enquête, les projets ont regroupé les données en "lots" de transhumance pour disposer d'ensembles d'éleveurs homogènes sans diviser de famille. Le lot a été défini de la manière suivante : ensemble d'animaux et de gens passés ensembles au point d'enquête (ou séparés avec un intervalle de temps inférieur à 30 mn), de même groupe social (ethnie et fraction) et de mêmes lieux habituels de destination en saison sèche et saison des pluies (lieux exacts). Dès que l'un des critères précédent n'était pas respecté, un lot différent a été formé. L'un des objectifs important de l'enquête rapide effectuée auprès des éleveurs était de quantifier le ratio entre le nombre d'UBT total et le nombre de personnes actives pour les différents lots. La fiche d'enquête divisait les personnes transhumantes en 3 groupes : jeunes, femmes et hommes. Malheureusement, la modalité "jeunes" a été interprétée de manière différente au sein des enquêteurs. L'ambiguïté générée par ces interprétations différentes a empêché de calculer de manière fiable le nombre de personnes actives par lot. Le seul critère non ambigu reste le nombre de femmes qui pourra être étudié.

4. Le recensement de la population humaine

Les zones d'influence du Batha et du massif du Oudaï (Zone nord-est et zone d'Abéché), fréquentées par un mélange d'éleveurs petits transhumants et d'éleveurs sédentaires villageois, présentent de nombreux points d'eau pérennes en saison sèche et très dispersés dans l'espace. Les procédures d'enquête décrites pour les zones de puisards et de puits profonds n'ont donc pu être mises en œuvre par les projets. Un essai d'estimation du nombre d'animaux présents dans ces zones a été réalisé par les projets.

Faute de temps, cette méthode d'estimation n'a pu être évaluée lors de la mission. Les essais d'estimation sur les zones enquêtées par dénombrements aux points d'eau (ex : zone des puisards et zone des puits profonds) ont donné des résultats en général bien supérieurs aux résultats trouvés d'après les dénombrements. Il semble donc que des biais importants soient associés à cette méthode. Pour les enquêtes futures, la technique des dénombrements par **survol aérien** serait très utile pour de telles zones où les dénombrements aux points d'eau ne peuvent s'appliquer. **En outre et de manière plus générale, pour les milieux sahéliens, il serait très utile d'effectuer une étude comparative (même rapide) du rapport coût-efficacité entre les méthodes de dénombrement aux points d'eau et celles par survols aériens.** Les premières analyses d'une étude réalisée au Burkina Faso par le CIRAD-EMVT (Michel, 1998) ont donné des résultats très encourageants (très bonne fiabilité) pour la méthode des survols aériens.

5. Conclusion générale

L'un des objectifs affichés par les projets Almy Bahaïm et ASETO était de préciser **l'ordre de grandeur** de la taille du cheptel présent au Tchad Oriental. Un travail d'enquête (dénombrements et enquêtes auprès des éleveurs) très important a été effectué dans ce sens par les 2 projets et constitue une première approche. L'objet de la mission a été d'évaluer les méthodes d'estimation mises en oeuvre et, quand cela était possible, les marges d'erreur associées aux estimations. Les analyses descriptives des informations recueillies lors des dénombrements aux mourhals (rythmes de transhumance, zones d'origine et de destination des éleveurs grands transhumants, etc.), seront effectuées par les projets et leurs résultats seront publiés dans les rapports finaux.

D'après les données disponibles, plusieurs estimations du nombre total d'animaux présents par espèce, par type de transhumance et par zone ont été effectuées lors de la mission. La mission a identifié plusieurs limites dans les méthodes d'estimation mises en oeuvre. **Les chiffres avancés doivent donc être considérés comme une première indication et leur validité des devra être renforcée par des études ultérieures.** Les estimations issues des méthodes de dénombrement aux points d'eau (éleveurs sédentaires et petits transhumants dans les zones de puisards et de puits peu profonds) et des méthodes de relevé des quantités d'eau épuisées (éleveurs sédentaires et petits transhumants dans les zones de puits profonds) se sont appuyées sur un ensemble d'hypothèses dont la majorité n'a pu être vérifiée ni par le projet et ni par la mission (extrapolation par rapport au rythme d'abreuvement, à la durée d'observation dans la journée, à la quantité d'eau bue par animal et par jour, aux coefficients UBT, etc.). La mission n'a donc pas pu calculer de marge d'erreur statistique réelle pour ces estimations (2 scénarios d'erreurs ont été proposés à titre indicatif). Concernant les dénombrements aux mourhals, la planification de l'échantillonnage des mourhals réalisé par les projets a permis de calculer un intervalle de confiance statistique pour les estimations de la taille du cheptel des éleveurs grands transhumants. Etant donné la difficulté de dénombrer les animaux en mouvement, un certain nombre de biais ont pu s'insérer dans le calcul de ces intervalles de confiance. Ces biais, dus à des erreurs de comptage et à un effet "enquêteur", n'ont pu être évalués lors de la mission. Enfin, la taille du cheptel présent dans les zones d'élevage villageois (qui représente une part non négligeable du cheptel de la zone étudiée) n'a pu être estimée lors de la mission.

Il est important de noter, en remarque finale, que les évaluations des différentes méthodes d'estimation du cheptel sont le plus souvent rendues impossibles du fait du **manque de valeurs références** sur lesquelles peuvent reposer ces évaluations. Les survols aériens, réalisés par

une équipe spécialiste et couplés à des vérifications au sol, ont déjà donné des résultats encourageants dans d'autres zones en terme de fiabilité, et pourraient être utilisées pour fixer ces valeurs références. En outre, des **études comparatives de coût-efficacité des méthodes de dénombrement aux points d'eau, aux mourhals, et par survols aériens** seraient très profitables pour l'avancée de la méthodologie d'estimation de la taille du cheptel en milieu sahélien, et bien sûr pour les décideurs.

V. BIBLIOGRAPHIE

- Ardilly P., 1994. Les techniques de sondage. Editions Technip.
- Cochran W. G., 1977. Sampling techniques. 3e ed, John Wiley & Sons.
- Louis Berger International Inc., BCEOM & CIRAD-EMVT, 1988. Résultats de l'enquête sur la situation de l'élevage bovin, ovin et caprin au Tchad : zone 1.
- Michel J. F., 1998. Les dénombrements d'animaux domestiques. Synthèse bibliographique. CIRAD-EMVT.
- Projets ASETO et Almy Bahaïm, 1998. Estimation des effectifs du cheptel au Tchad Oriental (Version provisoire).
- Projets ASETO et Almy Bahaïm, 1998. Estimation des effectifs du cheptel au Tchad Oriental : annexes (Version provisoire).
- Projet Almy Bahaïm, 1999. Méthode d'estimation des effectifs du cheptel au Batha Oriental. Document de capitalisation n°4.
- Projet Almy Bahaïm, 1999. Suivi au Batha Oriental. Document de capitalisation n°5.

ANNEXE

ANNEXE 1 : Formules d'échantillonnage aléatoire stratifié (tirage sans remise et à probabilités égales)

Notations

Y_h : nombre total d'animaux dans la strate h

Y_{hi} : nombre total d'animaux dans îlot i de la strate h

M_h : nombre total d'îlots dans la strate h

m_h : nombre d'îlots échantillonnés dans la strate h

Estimateur non biaisé du nombre total d'animaux

Pour une strate h :

$$\hat{Y}_h = M_h * \frac{\sum_{i \in s} Y_{hi}}{m_h} = M_h * \bar{y}_h$$

$$\hat{Var}[\hat{Y}_h] = M_h^2 * \left(1 - \frac{m_h}{M_h}\right) * \frac{S_h^2}{m_h}$$

$$S_h^2 = \frac{\sum_{i \in s} (Y_{hi} - \bar{y}_h)^2}{m_h - 1}$$

Pour la zone totale :

$$\hat{Y} = \sum_h \hat{Y}_h$$

$$\hat{Var}[\hat{Y}] = \sum_h \hat{Var}[\hat{Y}_h]$$

$$\hat{e.t.}[\hat{Y}] = \sqrt{\hat{Var}[\hat{Y}]}$$